

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-296340

(43)Date of publication of application : 10.11.1995

(51)Int.Cl.

G11B 5/39  
G01R 33/09  
H01L 43/08

(21)Application number : 06-087049

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 26.04.1994

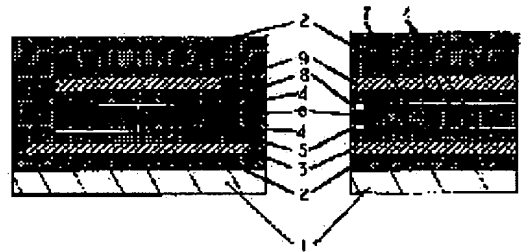
(72)Inventor : UENO MASANORI

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT DEVICE AND THIN FILM MAGNETIC HEAD UTILIZING THE DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a magnetoresistance effect device in which a multilayer film is utilized in a CPP mode and a narrow track width thin film magnetic head in which the device is utilized.

CONSTITUTION: A multilayer film (6) which is composed of ferromagnetic metal layers and nonmagnetic metal layers which are alternately built up into layers and a horizontal bias application permanent magnet film (7) which is provided adjacently to the multilayer film (6) in a direction perpendicular to the layer-built direction of the multilayer film are provided and a current is supplied in the direction of the cross-section of the multilayer film. An upper electrode (8) and a lower electrode (5) are so provided as to have the multilayer film (6) of the magnetoresistance effect device between themselves. Further, the upper electrode and the lower electrode are brought into partial contact with the multilayer film.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 2 9 6 3 4 0

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 11 月 10 日

(51) Int. Cl. °	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/39				
G 0 1 R 33/09				
H 0 1 L 43/08	Z	8203 - 2 G	G 0 1 R 33/06	R
審査請求	未請求	請求項の数 2	O L	(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 6 - 87049

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 4 月 26 日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号

(72) 発明者 上野 昌紀

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号住友  
金属工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 穂上 照忠 (外 1 名)

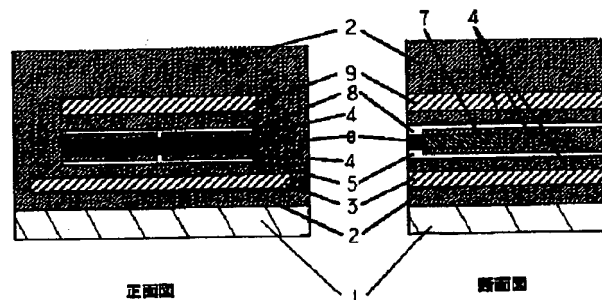
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびその素子を使用した薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【目的】 多層膜を CPP モードで利用した磁気抵抗効果素子およびそれを利用した狭トラック幅の薄膜磁気ヘッドの提供。

【構成】 1. 強磁性金属層と非磁性金属層とを交互に積層した多層膜 (6) と、多層膜の積層方向と垂直方向に多層膜に隣接して配置された横バイアス印加用永久磁石膜 (7) とを備え、多層膜の断面方向に電流が流されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

2. 上記の磁気抵抗効果素子を使用した薄膜磁気ヘッドであって、その磁気抵抗効果素子の多層膜 (6) を挟んで配置された上部電極 (8) と下部電極 (5) とを備え、かつ、これらの上部電極と下部電極とがそれぞれ前記多層膜の一部において接触していることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 強磁性金属層と非磁性金属層とを交互に積層した多層膜と、この多層膜の積層方向と垂直方向にこの多層膜に隣接して配置された横バイアス印加用永久磁石膜とを備え、多層膜の断面方向に電流が流されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 請求項1に記載の磁気抵抗効果素子を使用した薄膜磁気ヘッドであって、その磁気抵抗効果素子の多層膜を挟んで配置された上部電極と下部電極とを備え、かつ、これらの上部電極と下部電極とがそれぞれ前記多層膜の一部において接触していることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高感度磁気センサーや高密度磁気ディスク装置の記録再生に利用される磁気抵抗効果素子および薄膜磁気ヘッドに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 磁気ディスク装置における磁気記録の密度が高くなるにつれ、磁気ディスク装置用薄膜磁気ヘッドの素子として磁気抵抗効果素子が使われ始めた。この磁気抵抗効果素子を使用した薄膜磁気ヘッドは、従来のインダクティブ型薄膜磁気ヘッドよりも高い再生出力を有しており、しかもその出力は磁気ディスクの周速に依存しないので、インダクティブ型磁気ヘッドを使用する場合と比較して、磁気ディスク装置を高密度化し小型化することができる。

【0003】 現在、磁気抵抗効果素子として用いられているNiFeの磁気抵抗変化率は約2%である。しかし、近年磁気ディスク装置に対してさらに高密度の記録性能が求められており、それを再生するために従来のものより大きな磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果素子の開発が求められている。

【0004】 パーマロイより大きな磁気抵抗変化率を有する材料として強磁性金属層と非磁性金属層を交互に積層した多層膜の使用が検討されている。この多層膜として、例えばCo/Cu系やNiFe/Cu系の膜がよく知られている。Co/Cu系多層膜の参考文献としては、Parkinらの『フィジカル・レビュー・レターズ、第66巻、第16号、2152～2155ページ』があり、NiFe/Cu系多層膜の参考文献としては、中谷らの『IEEEトランザクションズ・オン・マグネティックス、第28巻、第5号、2668～2670ページ』がある。

【0005】 従来、これらの多層膜を磁気抵抗効果素子として利用する際には、多層膜の層面と平行な方向に電流を流していた（以下、多層膜の層と平行に電流を流すことをCurrent In Planeモード、略してCIPモードという）。しかし、最近の研究によって、多層膜の積層方向、すなわち多層膜の断面方向に電流を流した場合（以下、多層膜の断面方向に電流を流すことをCurrent Perp

endicular Plane モード、略してCPPモードという）の磁気抵抗変化率は、CIPモードに比べて約3～13倍の値を示すことが明らかとなった。すなわち、多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで使用すれば、従来のCIPモードで使用するものよりも、大きな磁気抵抗変化率を有する薄膜磁気ヘッドを開発できる可能性が示された。

【0006】 ところで、実際の薄膜磁気ヘッドには、磁気抵抗効果素子を有効に作動させるために横バイアス印加機構を設ける必要があるが、現在のところ、多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで利用した場合に有効な横バイアスを印加する機構は見出されていない。従って、多層膜をCPPモードで利用する磁気抵抗効果素子は開発されていない。

【0007】 また、一般に薄膜磁気ヘッドは、高密度の磁気記録を処理するために、トラックの幅を狭くすることが望まれている。しかし、現在のところ、実際の使用に耐えうる狭トラック幅を有する、多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで利用した薄膜磁気ヘッドは開発されていない。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、①多層膜をCPPモードで利用した磁気抵抗効果素子を提供すること、および②高密度の磁気記録の再生に使用できる、狭トラック幅を有する多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで利用した薄膜磁気ヘッドを提供することである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の要旨は、次の(1)の磁気抵抗効果素子、および(2)の薄膜磁気ヘッドにある。

【0010】 (1) 強磁性金属層と非磁性金属層とを交互に積層した多層膜と、多層膜の積層方向と垂直方向に多層膜に隣接して配置された横バイアス印加用永久磁石膜とを備え、多層膜の断面方向に電流が流されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0011】 (2) 上記の磁気抵抗効果素子を使用した薄膜磁気ヘッドであって、その磁気抵抗効果素子の多層膜を挟んで配置された上部電極と下部電極とを備え、かつ、これらの上部電極と下部電極とがそれぞれ前記多層膜の一部において接触していることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

## 【0012】

【作用】 本発明者は、多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで利用する場合に、有効に働く横バイアス印加機構を種々検討した結果、永久磁石膜を多層膜の積層方向と垂直方向に多層膜に隣接して配置すれば、横バイアス印加機構として有効に働くことを見出した。さらに、多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで利用

した薄膜磁気ヘッドのトラック幅を狭くするために、多層膜に接触させる電極の構造や絶縁層の構造を工夫すれば、狭いトラック幅を有する薄膜磁気ヘッドとなることを知った。

【0013】本発明は、上記の知見によって完成されたものである。以下、本発明を詳細に説明する。

【0014】図1は、本発明の薄膜磁気ヘッドの1例を浮上面側から見た図（図1では正面図と記載している）と、側面から見た断面を表す図（図1では側面図と記載している）である。本発明の薄膜磁気ヘッドは、図1に示すように基板1上に保護膜2が形成され、さらにその上に、下部シールド膜3、絶縁層4、下部電極5、絶縁層4、多層膜6、永久磁石膜7、絶縁層4、上部電極8、絶縁層4、上部シールド膜9および保護膜2が順次形成されたものである。

【0015】図2は、本発明の磁気抵抗効果素子の1例を示す図1の正面図と同じ方向から見た図である。多層膜6は、強磁性金属層10と非磁性金属層11とを交互に積層した膜であって、磁気抵抗効果を有するものである。強磁性金属の材料としては、Fe、Co、NiFe、NiFeCo、NiCo、CoFe等が適している。非磁性金属の材料としては、Cu、Ag、Cr、Ru等が適している。強磁性金属層10と非磁性金属層11の1層の厚さは、10~50Å程度である。また、積層回数は、10~100回程度である。

【0016】本発明の磁気抵抗効果素子は、図2に示すように、多層膜6の積層方向、すなわち多層膜6の断面方向に電流を流すために、多層膜6を挟んで上部電極8と下部電極5が配置されている。このように電極を配置すれば、図2中の矢印で示すように、電流は多層膜6の積層方向に流れる。即ち、本発明の薄膜磁気ヘッドは、内部の多層膜6を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで使用するものである。

【0017】このようにCPPモードで使した方が、図9で示すような多層膜6の面と平行に電流を流すCIPモードで使用するよりも、多層膜6の磁気抵抗変化率が大きくなる。

【0018】本発明の磁気抵抗効果素子および薄膜磁気ヘッドの横バイアス機構は、図1に示すように、永久磁石膜7を、多層膜6の積層方向と垂直方向に多層膜6に隣接して配置したものである。以下、この横バイアス機構を説明する。

【0019】図3の(a)は、磁気抵抗効果素子をCIPモードで使した場合の横バイアス機構を説明したものである。図3の(b)は、磁気抵抗効果素子をCPPモードで使した場合の横バイアス機構を説明したものである。

【0020】図3の(a)で示す従来の横バイアス機構は、多層膜6の上または下に分離膜12を介してシャントバイアス膜やソフトバイアス膜13を配置しているものである。

【0021】しかし、この従来の横バイアス方式は、磁

気抵抗効果素子をCPPモードで使用する薄膜磁気ヘッドには採用することができない。磁気抵抗効果素子をCPPモードで使用する場合には、多層膜6の上下に多層膜6の断面方向に電流を流すための電極を配置するので、多層膜6の上下にバイアス膜を配置することができず、有効なバイアス磁場が多層膜6に印加されないため多層膜の磁気抵抗効果が有効に発揮されないのである。

【0022】本発明の磁気抵抗効果素子および薄膜磁気ヘッドの横バイアス機構は、図3の(b)で示すように、多層膜6の積層方向と垂直方向に、薄膜磁気ヘッドの場合は多層膜6に隣接して浮上面からみて奥に永久磁石膜7を配置しているものである。従って、電極を多層膜の上下に配置するCPPモードで使用する場合でも、従来の横バイアス方式のようにバイアス膜が邪魔になって電極が配置できないことがない。

【0023】本発明の磁気抵抗効果素子および薄膜磁気ヘッドに用いられる永久磁石膜7は、多層膜6の長手方向に対して垂直方向に磁化されているように配置する。そうすれば、永久磁石膜7からの漏洩磁束が多層膜6に進入して、多層膜6の長手方向に向いていた磁化を長手方向から45度方向に傾け、多層膜6の磁気抵抗効果を有効に発揮させる働きをする。

【0024】本発明の磁気抵抗効果素子および薄膜磁気ヘッドに使用する永久磁石膜7は、例えば、CoPt、CoCrPt、SmCoなどの硬磁性材料であって、厚さは、多層膜の厚さと同程度にする。

【0025】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、電極の構造や位置を工夫することにより、高密度の磁気記録を読み出すための磁場を検出する幅、すなわちトラック幅を狭くすることができる。

【0026】図4と図5は、本発明の薄膜磁気ヘッドの、浮上面から見た電極と多層膜の部分のみを表した図である。

【0027】一般に磁気抵抗効果素子を使用した薄膜磁気ヘッドは、高密度に記録されている磁気的情報を記録媒体から読み出すために、磁場を検出する幅（トラック幅）の狭いものが望まれる。一方、本発明の薄膜磁気ヘッドのような、磁気抵抗効果素子をCPPモードで使用する場合は、多層膜の上下に電極を配置する構造を採るが、その場合、電流は最短経路を流れようとするので、上部電極8と下部電極5の重なった部分に電流が流れる。従って電極が重なる部分の長さを狭くする程、本発明の薄膜磁気ヘッドのトラック幅を狭くすることができる。

【0028】図4は、多層膜6の表面に、上部電極8と下部電極5の一部が重なるように、両電極を形成したものである。これによって、上部電極8と下部電極5が重なった部分のみに、多層膜を縦断して電流が流れるので、トラック幅を狭くすることができる。

【0029】図5は、トラック部においてのみ、上部電

極8と下部電極5が多層膜6に接するように、トラック部以外は多層膜と電極の間に絶縁層を置き、かつ電極の形状を工夫したものである。これによって、多層膜6に接触している上部電極8と下部電極5の部分のみに、多層膜を縦断して電流が流れるので、トラック幅を狭まることができる。

#### 【0030】

【実施例1】本発明の磁気抵抗効果素子を作製し、磁気抵抗効変化率を測定した。

【0031】図6は、作製した磁気抵抗効果素子の模式図である。基板1にはガラスを用いた。基板1の上に下部電極5として厚さ  $0.3\mu\text{m}$  のCuをスパッタリングによって成膜し、フォトリソグラフィとウエットエッチングにより、下部電極5を図6で示す形状に加工した。次に下部電極5による段差の影響を防ぐために、リフトオフプロセスを用いながら、スパッタリングでアルミナの絶縁層4を形成した。

【0032】さらに、その上に永久磁石膜7としてコバルト強磁性膜をスパッタリングで成膜し、リソグラフィとイオンミリングによって  $100\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$  の矩形に加工した。この永久磁石膜7の保磁力は約  $1\text{KOe}$ 、残留磁束密度は約  $8000\text{ Gauss}$  であった。次に永久磁石膜7と上部電極8とを絶縁するためにアルミナの絶縁層4を、リフトオフプロセスによりスパッタリングで形成した。

【0033】さらにその次に多層膜6を形成した。多層膜6の材料は、強磁性金属として、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$  (wt%)、非磁性金属としてCuを採用した。多層膜6の成膜にはイオンビームスパッタリング法を用い、膜面内で素子長手方向に平行に  $100\text{Oe}$  の磁界を印加しながら膜の形成を行った。 $\text{NiFe}$ 層の1層の厚みは  $1.5\text{nm}$ 、Cu層の1層の厚みは  $2.2\text{nm}$ 、積層回数は100回としたので、多層膜6の総膜厚は  $0.37\mu\text{m}$  となった。この多層膜6をフォトリソグラフィとイオンミリング法を用いて  $100\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$  の矩形に加工した。

【0034】最後に上部電極8としてCuをスパッタリングとリソグラフィによって成膜し、イオンミリングによって、上部電極8と下部電極5の重なる部分の長さ、すなわちトラック幅が  $5\mu\text{m}$  になるように加工した。

【0035】また、比較のために図7のような、従来の多層膜の面内方向に電流を流す磁気抵抗効果素子も同様な手法で作製した。

【0036】これらの素子に  $10\text{mA}$  の電流を流し、多層膜の長手方向に垂直かつ基板に平行に磁場を印加して磁気抵抗効果を測定した。図8(a)は、本発明の素子の磁気抵抗効果の測定結果であり、図8(b)は、従来の素子の結果である。本発明の素子は約18%の磁気抵抗変化率を示した。この値は、従来の素子と比較して4倍以上の値であり、本発明の素子が大きな磁気抵抗効果を有することがわかる。また、本発明の素子のバイアス磁場は、約

$100\text{Oe}$  であり、永久磁石膜が多層膜に有効な横バイアス磁場を印加していることがわかる。

#### 【0037】

【実施例2】本発明の薄膜磁気ヘッドを作製し、再生出力を評価した。作製した薄膜磁気ヘッドの浮上面側から見た図(正面図)と、側面から見た断面を図1に示した。

【0038】作製は次のような手順で行った。まず、アルチック基板1にアルミナの保護膜2を成膜した。次にアルミナ保護膜2の上に、めっき法によって  $\text{NiFe}$  の下部シールド膜3を形成した。さらに、その上にアルミナの絶縁層4をスパッタリングで成膜した後、Cuの下部電極5をスパッタリングで成膜し、リソグラフィとウエットエッチングで成形した。

【0039】次に、リフトオフプロセスを用いながら、アルミナの絶縁層4をスパッタリングによって成膜した。その後、多層膜6と下部電極5が接する位置のみに孔を設けるエッチングを行い、下部電極5の多層膜6と接触するコンタクト部のCuをスパッタリングで成膜し、リソグラフィとイオンミリングで形成した。

【0040】永久磁石膜7と多層膜6を実施例1と同じ材料、同じ方法を用いて形成した。

【0041】多層膜6の形状は  $1\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$  とした。

【0042】上部電極8のコンタクト部、絶縁層4、上部電極8を前記の方法で形成した。

【0043】さらにその上にアルミナの絶縁層4をスパッタリングで成膜し、めっき法によって、 $\text{NiFe}$  の上部シールド膜9を形成した。最後にアルミナの保護膜2をスパッタリングで成膜した。

【0044】本実施例の薄膜磁気ヘッドのトラック幅は  $1.5\mu\text{m}$  であった。フライングハイトは  $0.1\mu\text{m}$  に設定した。

【0045】比較のために、 $\text{NiFe}$  単層膜を磁気抵抗効果膜としてCIPモードで使用した薄膜磁気ヘッド(従来例1とする)と  $\text{NiFe}/\text{Cu}$  の多層膜を磁気抵抗効果膜としてCIPモードで使用した薄膜磁気ヘッド(従来例2とする)も作製した。

【0046】それぞれの薄膜磁気ヘッドに、 $15\text{mA}$  のセンス電流を流して、MRリードライトテスターを用いて再生出力を測定した。その結果、従来例1の再生出力を1として表した場合の従来例2の再生出力の大きさは1.9、本発明の薄膜磁気ヘッドの再生出力の大きさは8.8であった。このように、本発明の薄膜磁気ヘッドは、従来のものと比較して、大きな再生出力を有する。

#### 【0047】

【発明の効果】本発明の磁気抵抗効果素子およびそれを利用した薄膜磁気ヘッドは、多層膜を磁気抵抗効果素子としてCPPモードで利用しているので、磁場に対する感度および再生出力が大きいものである。さらに、本発明

7

の薄膜磁気ヘッドは、トラック幅が狭いので高密度の磁気記録を再生することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の薄膜磁気ヘッドの浮上面側から見た図（正面図）と、側面から見た断面図である。

【図 2】 本発明の磁気抵抗効果素子を示す図である。

【図 3】 (a) は、磁気抵抗効果素子を CIP モードで使用した場合の横バイアス機構を説明する図である。(b) は、磁気抵抗効果素子を CPP モードで使用した場合の横バイアス機構を説明する図である。

【図 4】 本発明の薄膜磁気ヘッドの、浮上面から見た多層膜および電極の部分のみを示す図である。

【図 5】 本発明の薄膜磁気ヘッドの、浮上面から見た多層膜および電極の部分のみを示す図である。

【図 6】 実施例 1 で作製した磁気抵抗効果素子の模式図である。

8

【図 7】 従来の、多層膜の面内方向に電流を流す磁気抵抗効果素子の模式図である。

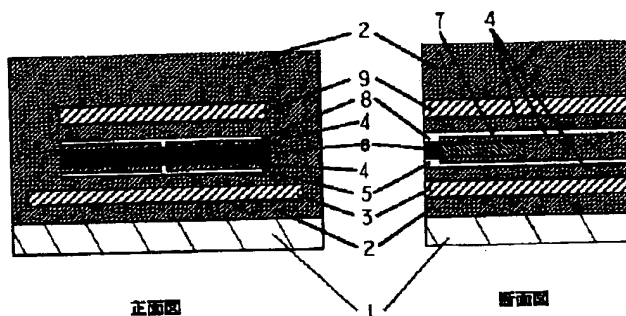
【図 8】 (a) は、本発明の素子の磁気抵抗効果の測定結果、(b) は、従来の素子の磁気抵抗効果の測定結果である。

【図 9】 多層膜の面と平行に電流を流す CIP モードを説明する図である。

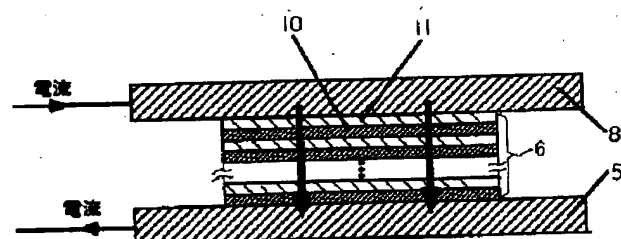
【符号の説明】

- |                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 1 基板                     | 2 保護膜     |
| 3 下部シールド膜                | 4 絶縁層     |
| 5 下部電極                   | 6 多層膜     |
| 7 永久磁石膜                  | 8 上部電極    |
| 9 上部シールド膜                | 10 強磁性金属層 |
| 11 非磁性金属層                | 12 分離膜    |
| 13 シャントバイアス膜あるいはソフトバイアス膜 | 14 電極     |

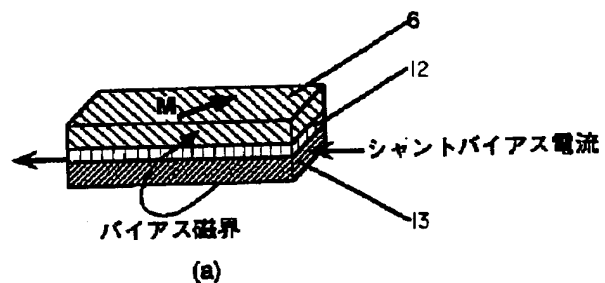
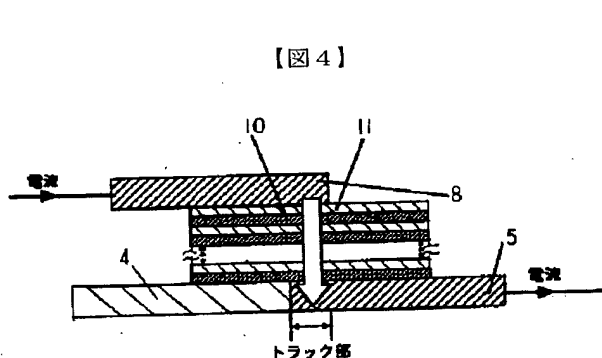
【図 1】



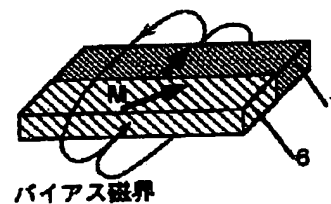
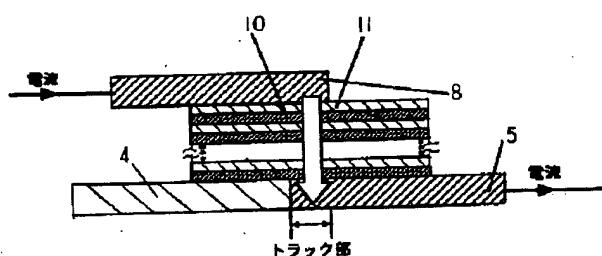
【図 2】



【図 3】

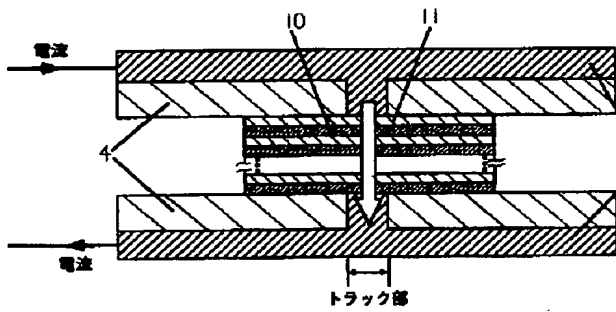


【図 4】

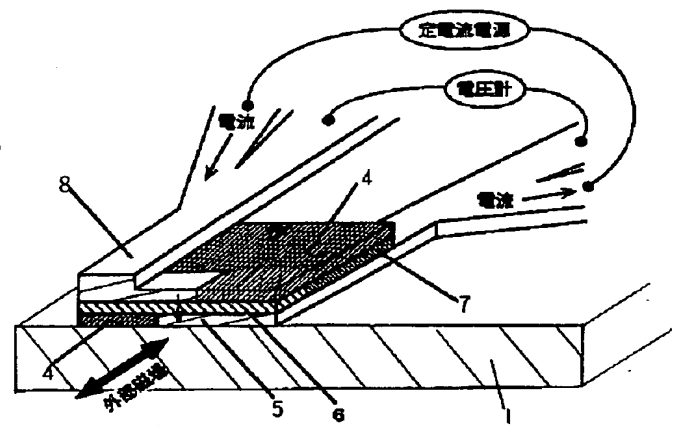


(b)

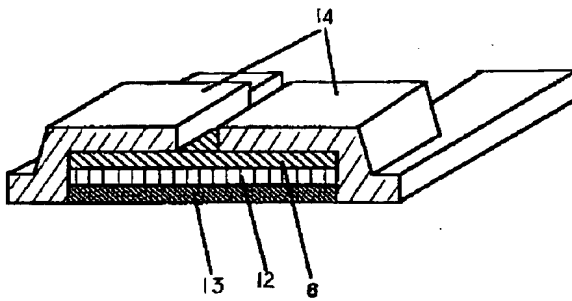
【図5】



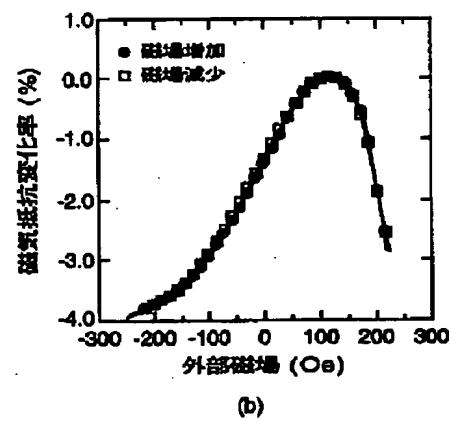
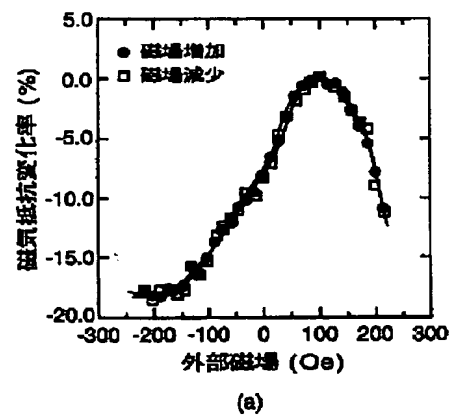
【図6】



【図7】

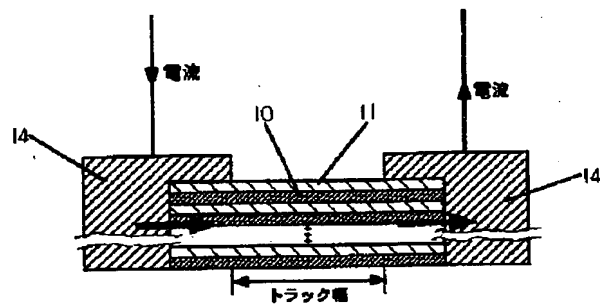


【図8】





【図9】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**